

II-023 - DESAGUAMENTO DE ESCUMA PRODUZIDA EM REATORES ANAERÓBIOS DE MANTA DE LODO EM LEITOS DE SECAGEM NO ESTADO DO PARANÁ

Bárbara Zanicotti Leite Ross⁽¹⁾

Pesquisadora da Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. Engenheira de Alimentos pela PUC – PR, mestre em Tecnologia Química pela UFPR e doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da UFPR (2010).

Demian da Silveira Barcellos

Graduado em Engenharia Ambiental pela PUC-PR. Foi estagiário da Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar.

Clodoaldo José Marques

Técnico em Química, gestor de estação de tratamento de esgotos da Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar.

Charles Carneiro

Gerente de Pesquisa e Desenvolvimento da Sanepar e Professor do Mestrado em Governança e Sustentabilidade do ISAE/FGV e de Pós-Graduação em Economia e Meio Ambiente na UFPR. Pós-doutor em Engenharia e Ciência da Água (UNESCO-IHE – Holanda).

Miguel Mansur Aisse

Professor Titular do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA) e do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica (EP USP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Engenheiro Antônio Batista Ribas, 151 – Taramã – Curitiba - PR - CEP: 82.800-130 - Brasil - Tel: (41) 3330-7261 - e-mail: barbarazl@sanepar.com.br

RESUMO

Os reatores anaeróbios de manta de lodo tipo UASB são amplamente utilizados no Paraná para o tratamento de esgotos domésticos, um dos principais subprodutos do uso desta tecnologia é a espuma que se forma em sua superfície e deve ser removida periodicamente. Após a remoção, é necessário dar uma destinação correta para a espuma e este processo pode envolver o desaguamento do material com o objetivo de redução de volume. A norma brasileira, NBR 12.209, que regulamenta a elaboração de projetos hidráulico-sanitários de ETEs não possui recomendações nem procedimentos que orientem este processo, por esta razão, pode-se adequar o que é recomendado para o lodo de esgoto. Este trabalho teve como objetivo principal a avaliação do desaguamento de espuma, proveniente de reatores anaeróbios de manta de lodo em leitos de secagem, em duas cidades do Paraná, comparando-o com o de lodo de esgoto. A avaliação do desaguamento se deu em ETEs operadas pela Companhia de Saneamento do Paraná. Na ETE Vassoural, da cidade de Guarapuava, o uso da técnica de desaguamento de espuma em leitos de secagem, projetados para lodo de esgoto, ocorre desde agosto de 2011. Na ETE Menino Deus, localizada na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), um leito de secagem foi modificado a fim de permitir a avaliação do desaguamento, com a variação das taxas de aplicação de sólidos totais. Os leitos de secagem utilizados para o experimento foram construídos de acordo com o preconizado na NBR 12209 (BRASIL, 2011), durante o período de desaguamento foram avaliados os teores de ST, SFT e SVT do lodo e da espuma. Na ETE Vassoural o melhor desempenho foi encontrado na descarga 5, quando em sete dias foi possível passar do teor de 0,9 para 26,2 % de ST na espuma e de 4,2 para 20,523 % no lodo de esgoto, com a aplicação de 4,1 e 18,8 kg de ST /m² para espuma e lodo, respectivamente. Na ETE Menino Deus o melhor desempenho foi encontrado no leito denominado Esc 20B, onde se passou de 3,3 para 33,3 % de ST em 28 dias, tendo a taxa de aplicação de 1,5 kg de ST /m² para a espuma; e para o lodo iniciou-se com 3,5 % de ST, chegando-se a 30,1 %, com a taxa de aplicação de 15,8 kg de ST /m². Com base nos experimentos realizados, entende-se que o desaguamento de espuma em leitos de secagem é possível, desde que a taxa de aplicação seja no máximo de 7,8 kg de ST /m², valores superiores a estes podem colmatar o leito.

PALAVRAS-CHAVE: Espuma, Desaguamento, Reator Anaeróbio, UASB, Esgoto Sanitário.

INTRODUÇÃO

Os principais tipos de tratamento de efluentes domésticos utilizados no Brasil são os tanques sépticos, filtros anaeróbios, os reatores anaeróbios de manta de lodo tipo UASB, lagoas anaeróbias, facultativas e aeradas e os sistemas de lodos ativados e suas variantes (VON SPERLING, 2004). Os UASBs são a terceira tecnologia mais utilizada em países da América Latina e Caribe, atendendo a 17% das plantas avaliadas, sendo que em primeiro lugar no número de plantas encontram-se as lagoas de estabilização (43%) (NOYOLA *et al.*, 2012). Nos novos projetos de estações de tratamento no Brasil os UASBs aparecem como a alternativa mais empregada (CHERNICHARO, 2011). No Paraná, a tecnologia é utilizada desde 1979, utilizada em 94,6 % das 203 ETEs operadas pela Companhia de Saneamento do Paraná, correspondendo a vazão de esgoto doméstico de 29.797 m³/h (ROSS *et al.*, 2013).

Nos reatores UASB o acúmulo de espuma ocorre em dois compartimentos distintos: na superfície do compartimento de decantação e no interior do separador trifásico, também denominado gasômetro (Figura 1). As duas subunidades apresentam diferenças funcionais importantes na formação da espuma. Na superfície do decantador não deve haver desprendimentos de biogás, enquanto que no interior do separador há um importante desprendimento de biogás, a liberação de gases no interior do separador poderia ter um efeito controlador sobre a espessura e consistência da camada de espuma (SOUZA; AQUINO; CHERNICHARO, 2006).

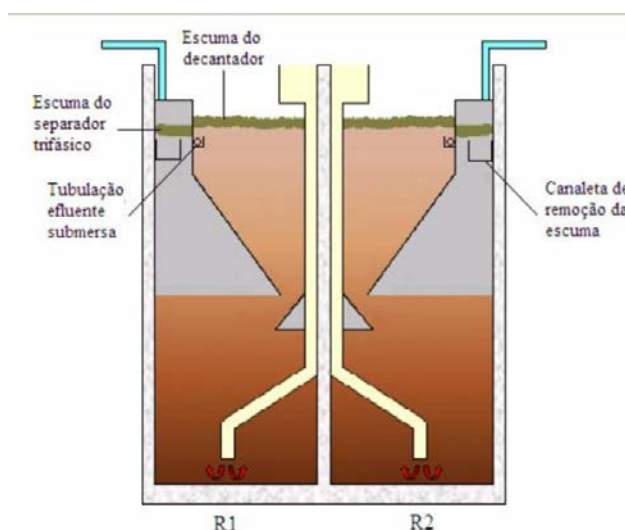


Figura 1: Corte esquemático de reatores UASB geminados e visualização das escumas acumuladas.

Fonte: SOUZA; AQUINO; CHERNICHARO (2006).

A espuma pode ser definida como uma camada de materiais flutuantes que se desenvolve na superfície de reatores e pode aparecer no tratamento de águas residuárias tanto domésticas quanto industriais (SOUZA; AQUINO; CHERNICHARO, 2006). É composta por gorduras, óleos, ceras, sabões, lodo e material particulado de forma geral. A composição e a quantidade gerada de espuma irá depender da composição do esgoto afluente e do sistema preliminar de tratamento. Quanto mais eficiente for o sistema preliminar menos espuma será formada e menor a quantidade de pontas de cigarros, materiais plásticos, cascas de frutas e vegetais, papel entre outros materiais similares estarão presente nela (SILVA *et al.*, 2005).

Desaguamento de Espuma

De acordo com a prática operacional observada na Sanepar, encontra-se muita dificuldade no condicionamento e desaguamento da espuma. Não existe apoio na legislação vigente para este resíduo do tratamento de esgotos, na norma brasileira, NBR 12.209, que regulamenta a elaboração de projetos hidráulico-sanitários de ETEs (BRASIL, 2011) tem-se apenas a citação de que “Os reatores UASB devem possuir dispositivo de retirada de espuma”, enquanto que ao lodo de esgoto é destinado um capítulo inteiro com orientações a respeito do seu

adensamento, digestão, estabilização e desaguamento. Com a falta de recomendações e procedimentos para o desaguamento de espuma, pode-se adequar preliminarmente o que é recomendado para o lodo de esgoto.

O reator tipo UASB gera entre 0,07 e 0,1 m³/ hab. ano de lodo (AISSE *et al.*, 2000), enquanto que a produção média de espuma está na faixa de 1 a 2,4 g SST / kg DQO (SOUZA, AQUINO, CHERNICHARO, 2006). Podem-se adotar os valores médios de produção teórica de lodo de esgoto úmido de 150 g SST / kg DQO aplicada, enquanto que a de espuma está em torno de 1,5 g SST / kg DQO aplicada, representando 1 % da produção de lodo.

Uma das técnicas muito aplicadas para o destino final dos lodos são os leitos de secagem. Estes se destacam por sua simplicidade de operação e manutenção, porém seu desempenho depende de fatores climáticos, como precipitações, temperatura e umidade relativa do ar, sem contar a umidade inicial do lodo (MELO, 2006). Os leitos de secagem foram as primeiras técnicas usadas para a separação de sólido-líquido do lodo, pois têm um custo de implantação menor, quando comparado com os processos mecanizados, porém uma das principais desvantagens desse método é a quantidade de área requerida para se fazer o desaguamento (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).

Os leitos podem ser instalados ao ar livre ou cobertos para proteção contra a influência das chuvas e das geadas. A secagem é realizada em batelada com o rodízio de vários leitos. O método se caracteriza por um tanque com paredes de alvenaria ou concreto e fundo de concreto, no interior do tanque são acrescentados areia e brita. O seu interior é dividido em três segmentos: soleira drenante, camada suporte e sistema de drenagem (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994).

A soleira drenante permite que o líquido presente no lodo infiltre por camadas sucessivas de areia e pedregulho com diferentes granulometrias, possui aproximadamente 0,5 m de profundidade. A camada suporte é constituída de tijolos recozidos e permite uma melhor distribuição do lodo, impedindo o entupimento dos poros da superfície da soleira drenante e garantir que a retirada do lodo desidratado seja realizada sem o revolvimento das camadas superficiais da soleira drenante. O sistema de drenagem é composto por tubos assentados com juntas abertas, colocados no fundo do tanque, e que recolhem todo o líquido percolado no leito (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001). O líquido drenado coletado deverá retornar à entrada da ETE e ao lodo seco deve ser dada a disposição adequada (BRASIL, 2011) (Figura 2).

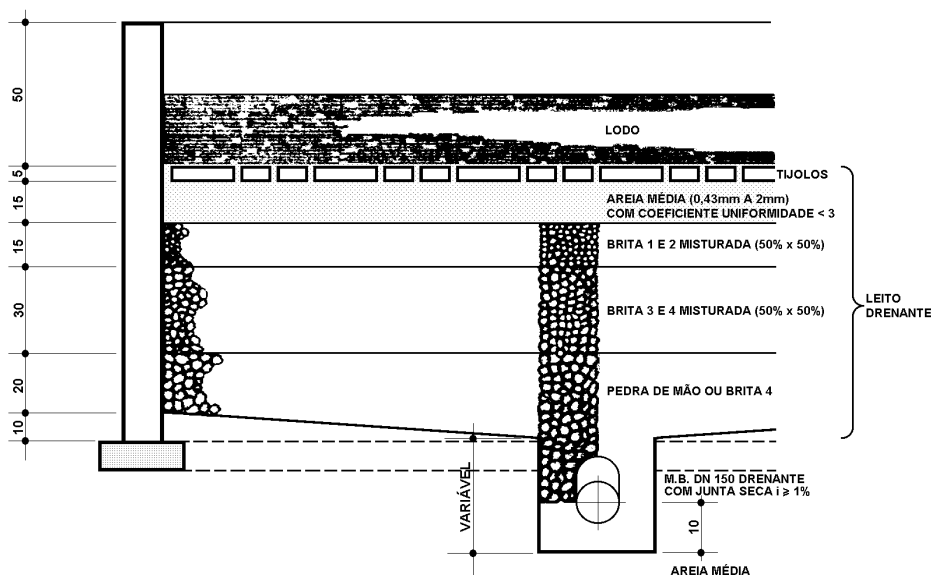


Figura 2: Corte esquemático de leito de secagem.
Fonte: AISSE (2000).

Os dois fenômenos responsáveis pela secagem do lodo são a percolação e a evaporação, estes atuam de forma diferenciada durante o processo de desaguamento. A percolação ocorre nos primeiros dias após o lodo ter sido

acondicionado no leito, depois da remoção da água livre por este processo, forma-se uma massa pastosa e densa, na qual não se verifica mais a drenagem, ocorrendo apenas a eliminação da água através da evaporação (SOARES; MATOS; BERNARDES, 2001). As camadas diretamente expostas a atmosfera tendem a secar de forma mais eficiente, por isso o aparecimento de gretas é visto como um avanço na perda de umidade, com ela ocorrendo a redução do volume ou contração do lodo, que encontra-se com aparência sólida (SOARES; MATOS; BERNARDES, 2001).

A taxa de aplicação de lodo no leito de secagem não deve exceder a carga de SST de 15 kg/m² de área de secagem, em cada ciclo de operação, salvo quando devidamente justificado (BRASIL, 2011). Partindo de um lodo com teor de sólidos inicial de 3,6 %, pode-se chegar a 20 % após 16 dias de secagem com índice pluviométrico de 50 mm no período. É necessária a implantação de dispositivos para a retirada de sobrenadante dos leitos de secagem em áreas com índices de precipitação elevados para auxiliar o desaguamento (ALÉM SOBRINHO; SAMUDIO, 1996). Aisse e Andreoli (1998) descreveram a avaliação do desaguamento de lodo anaeróbio, obtido de reatores de manta de lodo, em instalação piloto, localizada em Curitiba, e em leitos de secagem (escala real), localizados em área contígua a um RALF, na cidade da Lapa - PR. Os resultados do monitoramento nos pilotos, durante o ciclo de verão (março de 1997), apresentaram um tempo de 14 dias, para obter-se uma concentração de ST de 26%, e de 20 dias, para obter-se 31%, ambos para uma carga (taxa de aplicação) de 23,7 kg SST/m². O resultado para o ciclo de inverno (junho e julho de 1997), para os pilotos foi de 34 dias, para obter-se ST de 24,9% e sob precipitação pluviométrica atípica acumulada de 128,2 mm. Na ETE - Lapa o tempo foi de 29 dias para obter-se ST de 27,6%, para uma precipitação pluviométrica acumulada de 161 mm, no período. Em ambos os casos a carga (altura) de lodo aplicada foi de 40 cm.

A secagem de espuma em leitos dimensionados para o lodo de esgoto é uma prática que começa a ser avaliada. O peneiramento estático da espuma após sua retirada da superfície dos reatores permite uma taxa de infiltração no leito de secagem de 50 mm/h, o que resulta na drenagem do leito em um período inferior a três dias, de acordo com estudo realizado na cidade de Itabira, MG (ROSA *et al.*, 2013).

Este trabalho teve como objetivo principal a avaliação do desaguamento de espuma, proveniente de reatores anaeróbios de manta de lodo, em leitos de secagem, em duas cidades do Paraná, comparando-o com o de lodo de esgoto.

MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação do desaguamento de espuma em leito de secagem se deu em duas ETEs, operadas pela Companhia de Saneamento do Paraná. Na ETE Vassoural da cidade de Guarapuava, o uso da técnica de desaguamento de espuma em leitos de secagem, projetados para lodo de esgoto, ocorre desde agosto de 2011. Na ETE Menino Deus, localizada na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), um leito de secagem foi modificado a fim de permitir a avaliação do desaguamento, com a variação das taxas de aplicação de sólidos totais. Objetivou-se avaliar também o tempo para se obter uma concentração de sólido próximo aos 30 %.

Desaguamento na ETE Vassoural – Guarapuava – PR

A ETE Vassoural, inaugurada em 2010, está localizada à margem do Rio Cascavelzinho, próxima à PR 170 em Guarapuava e opera com a vazão de 240 L/s, vazão esta idêntica a vazão para a qual foi projetada. Seu sistema de tratamento é composto pelo tratamento preliminar (gradeamento manual de 20 mm, peneiramento de 6 mm, desarenador ciclônico e calha parshall), três reatores UASBs, com capacidade nominal de 80 L/s cada um, e um filtro biológico percolador com distribuidor rotativo, seguido de decantador, para o pós-tratamento do efluente.

Na ETE Vassoural a espuma é direcionada aos leitos de secagem, até atingir a carga (altura) total, através de canaletas coletoras no interior do UASB. Usualmente, para o desaguamento de lodo, o leito é preparado com uma camada de 2 cm de areia em cima das placas de drenagem, para o recebimento de espuma esta camada é aumentada para 5 cm. Os leitos de secagem utilizados para o experimento possuem as dimensões de 6 x 20 m de área e 0,50 m de profundidade, tendo sido construídos de acordo com o preconizado na NBR 12209 (BRASIL, 2011).

Foram realizadas cinco descargas consecutivas, nos meses de junho a setembro de 2013, sendo utilizado sempre o mesmo leito para o desaguamento de espuma e um segundo leito para o desaguamento de lodo, todas as descargas foram obtidas do mesmo reator UASB, identificado como número 2. Foi completada a carga máxima dos leitos, chegando aos 45 cm de altura. Durante o período de desaguamento foram avaliados os teores de ST, SFT e SVT do lodo e da espuma (Figura 3).

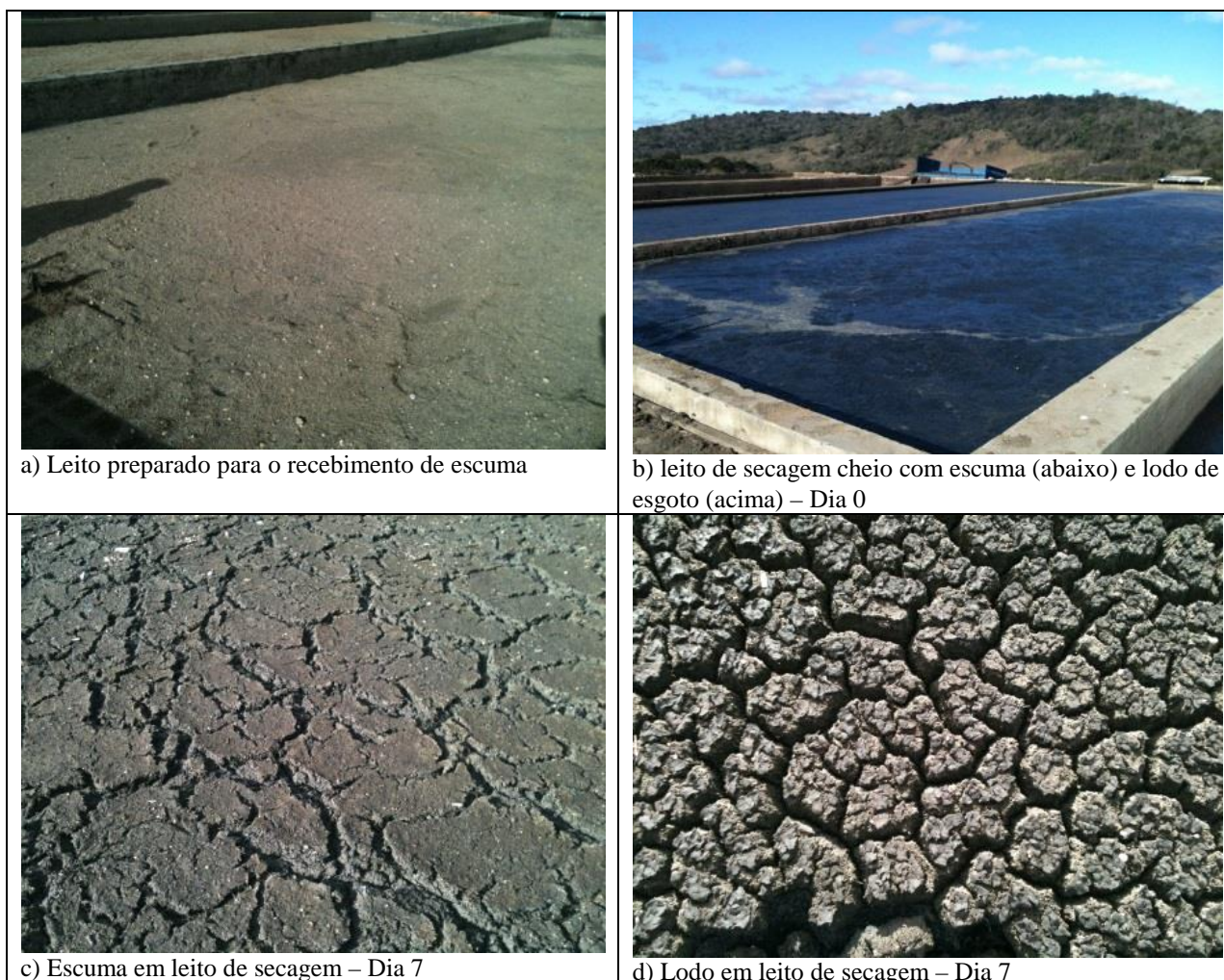


Figura 3: Desaguamento de espuma e de lodo de esgoto em leito de secagem, ETE Vassoural, Guarapuava (junho, 2013).

Desaguamento na ETE Menino Deus – Quatro Barras – PR

A ETE Menino Deus está localizada em Quatro Barras, na RMC, trata uma vazão de 63 L/s, o correspondente a 51.090 habitantes, e opera com tratamento preliminar composto de grade de 20 mm, desarenador tipo calha retangular e calha parshall, segue-se a ele um único reator tipo UASB e uma lagoa facultativa aerada.

Nunca foi feito o desaguamento de espuma nos leitos de secagem da ETE Menino Deus, os mesmos sempre foram ocupados com lodo de esgoto. Um dos leitos foi selecionado e dividido em dez lotes de igual tamanho, o leito possui 17 m x 10 m, um pouco maior do que os leitos comumente construídos e operados pela Companhia de Saneamento, porém mantém a profundidade de 0,50 m e foram construídos de acordo com o preconizado na NBR 12209 (BRASIL, 2011). A divisão dos lotes foi feita em alvenaria e possibilitou a avaliação de diferentes taxas de aplicação de sólidos ao mesmo tempo. Cada lote recebeu uma camada extra de areia de cobertura com a espessura de 5 cm.

Foi realizada uma descarga de espuma e de lodo de esgoto no dia 23 de abril de 2014, avaliou-se o teor de ST, SFT e SVT no dia inicial e final do experimento. Durante o desaguamento foi determinado o teor de ST e a medida da altura da camada de espuma ou lodo com uma régua graduada, paralelamente foi feita a determinação da temperatura ambiente. Os dez lotes foram ocupados da seguinte maneira: dois lotes com uma camada de 45 cm de lodo de esgoto (controle); três lotes com uma camada de 20 cm de espuma; e, cinco lotes com uma camada de 45 cm de espuma. A descarga de espuma foi realizada com auxílio de um caminhão limpa-fossa, com o qual a espuma foi succionada na superfície do reator e depois descarregada nos leitos de acordo com as alturas pretendidas (Figura 4).



Figura 4: Etapas no preenchimento dos leitos de secagem de espuma e lodo de esgoto, ETE Menino Deus (RMC) (abril, 2014).

RESULTADOS

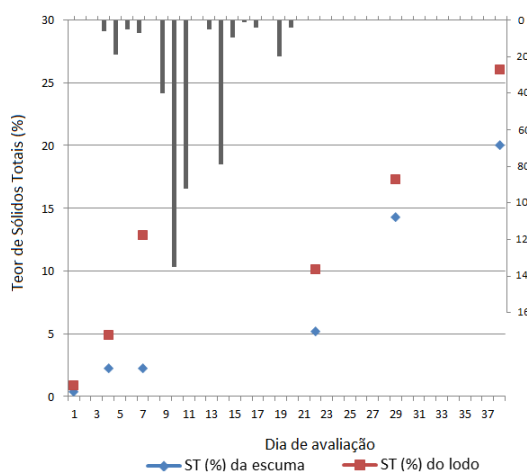
Desaguamento na ETE Vassoural – Guarapuava - PR

O desaguamento, tanto da espuma como do lodo de esgoto, ocorreram em períodos bastante curtos, apenas na descarga 1 precisou-se de um mês para atingir teores de ST superiores a 20 % (Tabela 1). Os índices de pluviosidade variaram bastante em cada uma das descargas, o experimento levou três meses para ser desenvolvido, neste período, a temperatura do ar oscilou de 5,6 a 27,0 °C, apesar de ser “oficialmente” inverno, houve temperaturas bastante altas e com grande variação durante cada descarga (ciclo de avaliação).

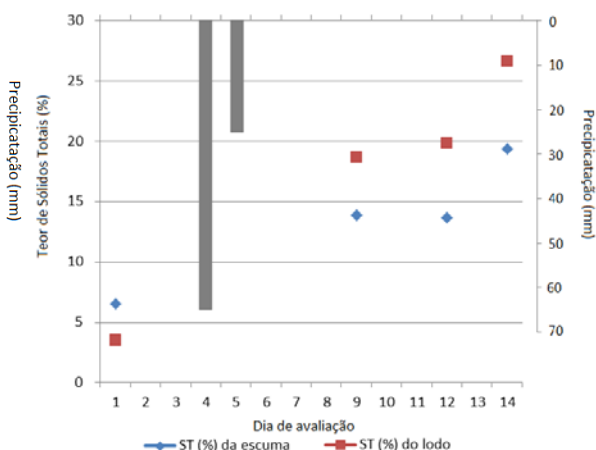
Tabela1: Desempenho do desaguamento de espuma em função da pluviosidade no período de cada descarga, ETE Vassoural (Guarapuava).

Descarga	Pluviosidade total no período (mm)	Tempo de desaguamento (dias)	ST inicial (%)		ST final (%)	
			Lodo	Escuma	Lodo	Escuma
1	426,5	36	0,86	0,36	26,06	20,04
2	90,0	13	6,52	3,50	19,36	26,61
3	13,0	8	2,15	0,54	19,79	23,60
4	0,0	7	3,72	0,92	15,69	17,84
5	2,0	7	4,18	0,91	20,53	26,18

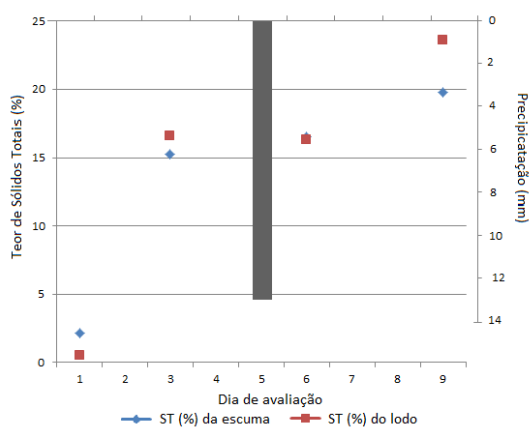
O teor inicial de ST no lodo de esgoto foi bastante variável, indo de 0,9 a 6,5 %, tendo-se como média o valor de 3,5 %. Já no caso da espuma a média inicial foi de 1,2 %, variando entre 0,4 a 3,5%. O pior desempenho de desaguamento, tanto da espuma como do lodo de esgoto foram os encontrados na descarga 1, 36 dias para chegar a teores finais de aproximadamente 20 % com a incidência de 426,5 mm de chuva. O melhor desempenho foi encontrado na descarga 5 onde levou-se uma semana para atingir ST > 20 %, tanto para o lodo de esgoto, quanto para a espuma, com a incidência de 2 mm de chuva (Figura 5). A relação entre SVT/ST apresentou uma queda, observada tanto para a espuma quanto para o lodo de esgoto, sendo que este iniciou o desaguamento com SVT/ST média de 0,8 e terminou com média de 0,4, enquanto que a espuma iniciou o desaguamento com SVT/ST média de 0,8 e terminou com médias de 0,5.



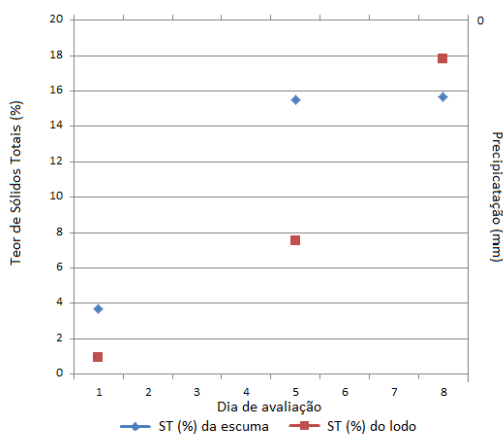
a) Valores de teor de sólidos totais para espuma e lodo durante a primeira descarga



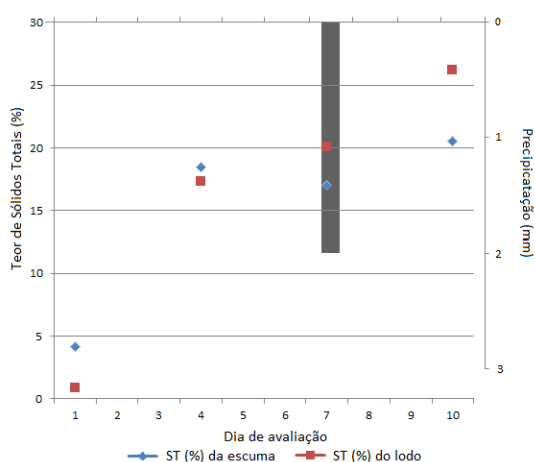
b) Valores de teor de sólidos totais para espuma e lodo durante a segunda descarga



c) Valores de teor de sólidos totais para espuma e lodo durante a terceira descarga



d) Valores de teor de sólidos totais para espuma e lodo durante a quarta descarga



e) Valores de teor de sólidos totais para espuma e lodo durante a quinta descarga

Figura 5: Desempenho dos leitos de secagem na ETE vassoural em função da pluviosidade, a, b, c, d, e, primeira a quinta descarga respectivamente.

Desaguamento na ETE Menino Deus – Curitiba – PR

Encontrou-se bastante dificuldade na sucção da espuma, com o uso do caminhão limpa-fossa, devido ao fato da mesma estar sendo acumulada na superfície do reator há quatro meses, isso elevou bastante o teor de sólidos o que acabou ocasionando o entupimento do mangote do caminhão por diversas vezes.

Durante as coletas, foi observado nos leitos com camada inicial de 45 cm de espuma, no tocante a divisão de fases, um espessamento do material no fundo do leito e na sua superfície, com a formação de uma camada intermediária mais fluída. A fim de se verificar a viabilidade de drenar o conteúdo intermediário, a camada intermediária foi coletada com auxílio de mangueiras, esta avaliação ocorreu no dia 16/05, após 23 dias de desaguamento. O teor de sólidos totais médio encontrado foi de 1,3%, um valor considerado alto e por esta razão o conteúdo não foi drenado.

Conseguiu-se manter o mesmo teor inicial de sólidos totais nos dois lotes de lodo (3,5%), como foi utilizado o procedimento padrão de descarga esta etapa não interferiu na concentração do material que chegou ao leito. Não é possível fazer a mesma afirmação com relação a espuma, devido aos entupimentos ocorridos no mangote do caminhão, alguns leitos receberam concentrações superiores aos demais, o teor de sólidos totais da espuma variou de 3,31 a 8,56%.

O leito que recebeu as menores taxas de espuma, denominado “espuma 20 cm A”, iniciou o desaguamento com o menor teor de sólidos totais (3,3%) e apresentou o melhor desempenho, chegando a 33,31 % no dia 19/05 (dia 27 de experimento), valor este superior ao encontrado nos leitos contendo lodo de esgoto que chegaram a 30,1 e 26,5% nesta mesma data.

Os leitos que foram carregados com uma camada de 20 cm de espuma apresentaram um desempenho muito parecido com os leitos contendo lodo de esgoto, enquanto que os leitos contendo a camada inicial de 45 cm de espuma dificilmente superaram 10% de sólidos totais. Entende-se que para se ter um desaguamento de espuma eficiente, deve-se utilizar uma taxa de aplicação inferior, sendo assim a espuma não deve ser acumulada por longos períodos na superfície do UASB, este fato aumentaria a sua concentração dificultando o desaguamento em leitos de secagem.

Os melhores resultados de desaguamento são referentes ao dia 19/05, pois na sequência ocorreram fortes chuvas na região, reduzindo o teor de sólidos de todos os lotes. No período do experimento obteve-se um total acumulado de 86,2 mm de chuvas, sendo que na última semana, período de 22 a 27 de maio, obteve-se 69,2 mm de chuva. A temperatura do ar variou de 14 a 26 °C.

A Figura 6 apresenta a variação do teor de sólidos totais, fixos e voláteis em espuma e lodo de esgoto durante desaguamento de 36 dias, com o respectivo índice de pluviosidade. Observa-se pelo decaimento da relação SVT/ST, que houve uma mineralização dos materiais devido à degradação biológica, porém esta redução foi maior para as amostras de lodo de esgoto passando da média de 0,63 para 0,58, enquanto que a espuma com camada inicial de 20 cm baixou de 0,66 para 0,64 e a com camada de 45 cm baixou de 0,67 para 0,65. Ressalta-se que este decaimento foi pouco significativo e que nenhuma das amostras apresentou valores superiores a 0,70, podendo ser consideradas estabilizadas, de acordo com a Resolução do CONAMA 375 (BRASIL, 2006).

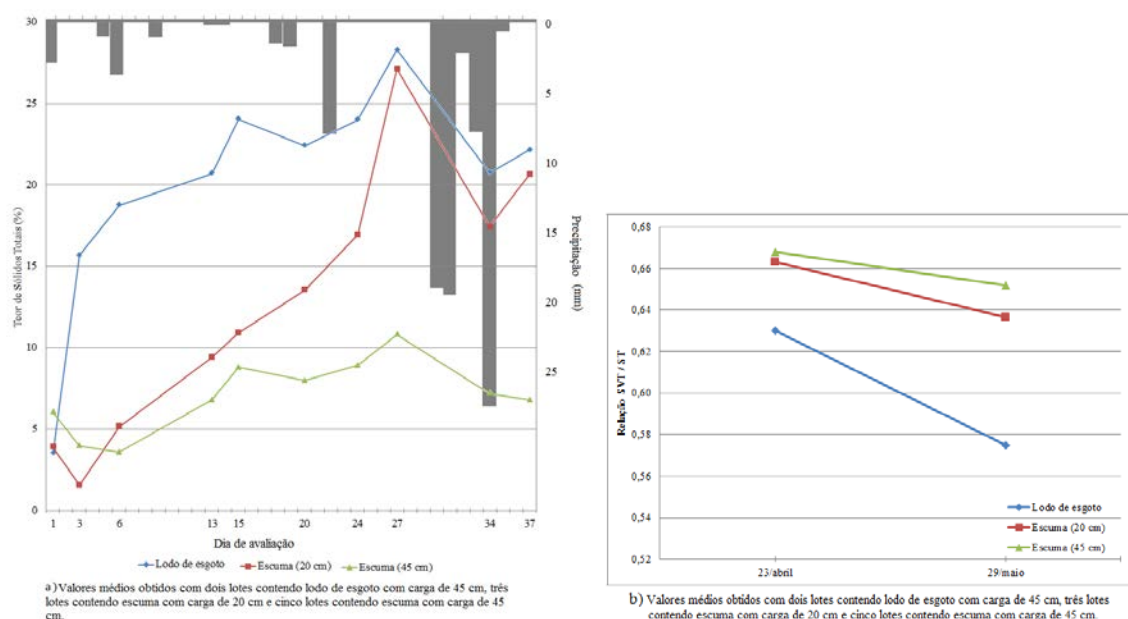


Figura 6: Desaguamento de lodo de esgoto e espuma na ETE Menino Deus, RMC. A) Variação do teor de sólidos totais em função do tempo. B) Decaimento da relação SVT/ST.

Comparando os resultados obtidos na ETE Vassoural e na ETE Menino Deus (Tabela 2), observa-se que o teor de ST inicial na ETE Vassoural para a espuma é bem inferior (1,2%) aos valores aplicados na ETE Menino Deus (3,89 e 6,04 %), isso explica o bom desempenho dos leitos da ETE Vassoural. Quando avaliada a taxa de aplicação de sólidos nos leitos, observa-se que para o lodo de esgoto as duas ETES apresentaram valores próximos a 15 kg de ST/ m² e conseguiram realizar o desaguamento com eficiência. Com relação a espuma, a taxa de aplicação variou de 5,6 a 27,2 %, neste último caso não ocorreu o desaguamento da espuma, pois seus teores médios de ST passaram de 6,0 % a apenas 10,8 % após 28 dias de avaliação. Entende-se, com base nos experimentos realizados, que valores de taxa de aplicação superiores a 7,8 kg de ST/ m² não sejam recomendados por não permitir um bom desaguamento do material.

Tabela 2: Comparativo entre o desaguamento de espuma e lodo de esgoto nas ETES Menino Deus (RMC) e Vassoural (Guarapuava).

ETE	Substrato	Teor de sólidos (ST %)		Período de desaguamento (dias)	Altura da camada de espuma (cm)	Taxa de aplicação (kg de ST/m ²)
		Inicial	Final			
Vassoural	Escuma	1,25	18,30	8	45	5,63
Menino Deus	Escuma	3,89	27,10	28	20	7,78
Menino Deus	Escuma	6,04	10,81	28	45	27,18
Vassoural	Lodo de esgoto	3,49	16,00	8	45	15,71
Menino Deus	Lodo de esgoto	3,52	28,30	28	45	15,84

Ressalta-se que a norma brasileira NBR 12.209 (2011) recomenda que a taxa de aplicação de sólidos para o desaguamento de lodo de esgoto não ultrapasse o valor de 15 kg de ST/m². Nestes experimentos trabalhou-se com valores ligeiramente superiores, 15,7 em Guarapuava e 15,8 na RMC, isso não interferiu de forma negativa no desaguamento do lodo de esgoto.

CONCLUSÕES

O desaguamento de espuma e de lodo de esgoto foi realizado nas ETEs Vassoural de Guarapuava e Menino Deus da RMC, sendo obtidas as seguintes conclusões:

- Na ETE Vassoural o melhor desempenho foi encontrado na descarga 5, quando em sete dias foi possível passar do teor de 0,9 para 26,2% de ST na espuma e de 4,2 para 20,5% no lodo de esgoto, com a taxa de aplicação de 4,1 e 18,8 kg de ST /m² para espuma e lodo, respectivamente.
- Na ETE Menino Deus o melhor desempenho foi encontrado no leito Esc 20B, onde passou-se de 3,3 para 33,3% de ST em 28 dias; e para o lodo iniciou-se com 3,5% de ST, chegando-se a 30,1%.
- Com base nos experimentos realizados, entende-se que o desaguamento de espuma em leitos de secagem é possível, desde que a taxa de aplicação seja no máximo de 7,8 kg de ST /m², valores superiores a estes podem colmatar o leito;
- O desaguamento de espuma em leito de secagem mostra-se uma alternativa viável tanto a curto prazo, pois diminui o volume de espuma ser transportada até o aterro sanitário, como a longo prazo, pois com a perspectiva de uma maior eficiência no sistema de tratamento preliminar este subproduto estará livre de sólidos grosseiros o que permitirá uma destinação mais adequada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os colaboradores da Sanepar que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho em especial a Dora Roberta de Arruda Bender, Edegar Morando, Eduardo Sabino Pegorini, Fernanda Janaína Oliveira Gomes da Costa e Karina Kriguel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISSE, M. M.; ANDREOLI, F. N. Estudo da desidratação do lodo anaeróbio, obtido em reatores tipo RALF, através do uso de leito de secagem e de centrifuga tipo decanter. In: I SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BÍOSSÓLIDOS DO MERCOSUL. Anais. Curitiba, 1998. P. 239-45.
2. AISSE, M.M. Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000. 192p.
3. ALÉM SOBRINHO, P.; SAMUDIO, E.M.M. Desidratação de lodos de reator UASB em leitos de secagem: determinação de parâmetros. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 25, 1996, México, DF. Anais... AIDIS: 1 CD –ROM.
4. ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Org.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2001. 484 p. v. 6.
5. CHERNICHARO, C.A.L. Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2011. 380p.
6. BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT. Norma 12.209 – Elaboração de Projetos Hidráulicos-Sanitários de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários, 53p., 2011.
7. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução n. 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados e dá outras providências.
8. MELO, A. S.; Contribuição para o dimensionamento de leitos de secagem de lodo. Campina Grande : Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, UFCG; Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental – 2006
9. NOYOLA, A.; PADILLA-RIVERA, A.; MORGAN-SAGASTUME, J.M.; GÜERECA, L.P.; HERNÁNDEZ-PADILLA, F. Typology of municipal wastewater treatment technologies in Latin America. Clean-Soil, Air Water. V. 40 (9), p. 926 – 932, 2012.
10. ROSA, A.P. SCHMIDT, A.D.U.C. BORGES, J.M. CHERNICHARO, C.A.L. Acumulação e remoção de espuma em reatores UASB: estudo de caso ETE Laboreaux – Itabira / MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2013, Goiânia. Anais... ABES:

2013. 1 Pen drive (a).
11. ROSS, B.Z.L.; CARNEIRO, C.; AISSE, M.M.; FROEHNER, S.. Caracterização da espuma produzida em reatores anaeróbios de manta de lodo, estado do Paraná. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 27, 2013, Goiânia. Anais... Goiânia: ABES, 2013. 1 Pen drive.
 12. SILVA, S.Q.; ZERBINI, A.M.; GODINHO, V.M.; CHERNICHARO, C.A.L. Caracterização morfológica de micro-organismos presentes em espuma de reatores UASB tratando esgotos domésticos. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 23, Campo Grande, 2005. Anais... ABES: 2005. 1CD-ROM.
 13. SOARES, S.R.A.; MATOS, Z.M.R.; BERNARDES, R.S.. Modelagem do processo de desidratação de lodo anaeróbio em leitos de secagem simulados. *Ver. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 5, n. 2, p. 313-319, 2001.
 14. SOUZA, C.L.; AQUINO, S.F.; CHERNICHARO, C.A.L. Production and characterization of scum and its role in odour control in UASB reactors treating domestic wastewater. *Water Science & Technology*, v. 54, p. 201-208, 2006.
 15. VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgoto – um manual para regiões de clima quente. Campina Grande, PB, Ed. Epgraf, 225 p. 1994.
 16. VON SPERLING, M. Tecnologias Nacionais para Tratamento Anaeróbio de Esgotos. *In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DO SANEAMENTO EM COMUNIDADES PLANEJADAS*. Anais...Curitiba: Alphaville Graciosa, 2004.